

**JP1996336967A**

**1996-12-24**

**Bibliographic Fields**

**Document Identity**

(19)【発行国】  
日本国特許庁(JP)  
(12)【公報種別】  
公開特許公報(A)  
(11)【公開番号】  
特開平8-336967  
(43)【公開日】  
平成8年(1996)12月24日

**Public Availability**

(43)【公開日】  
平成8年(1996)12月24日

**Technical**

(54)【発明の名称】  
圧電素子およびその製造方法

(51)【国際特許分類第6版】

B41J 2/045

2/055

C04B 35/49

C30B 7/10

H01L 41/09

41/187

41/24

【FI】

B41J 3/04 103 A

C30B 7/10

C04B 35/49 A

H01L 41/08 C

41/18 101 D

41/22 A

【請求項の数】

8

【出願形態】

(19) [Publication Office]

Japan Patent Office (JP)

(12) [Kind of Document]

Unexamined Patent Publication (A)

(11) [Publication Number of Unexamined Application]

Japan Unexamined Patent Publication Hei 8- 336967

(43) [Publication Date of Unexamined Application]

1996 (1996) December 24\*

(43) [Publication Date of Unexamined Application]

1996 (1996) December 24\*

(54) [Title of Invention]

**PIEZOELECTRIC ELEMENT AND ITS  
MANUFACTURING METHOD**

(51) [International Patent Classification, 6th Edition]

B41J 2/045

2/055

C04B 35/49

C30B 7/10

H01L 41/09

41/187

41/24

【FI】

B41J 3/04 103103

C30B 7/10

C04B 35/49 A

H01L 41/08 C

41/18 101 D

41/22 A

[Number of Claims]

8

[Form of Application]

JP1996336967A

1996-12-24

OL

【全頁数】

6

Filing

【審査請求】

未請求

(21)【出願番号】

特願平7-147041

(22)【出願日】

平成7年(1995)6月14日

Parties

Applicants

(71)【出願人】

【識別番号】

000005234

【氏名又は名称】

富士電機株式会社

【住所又は居所】

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

Inventors

(72)【発明者】

【氏名】

内田 真治

【住所又は居所】

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

(72)【発明者】

【氏名】

深沢 直人

【住所又は居所】

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

Agents

(74)【代理人】

【弁理士】

OL

[Number of Pages in Document]

6

[Request for Examination]

Unrequested

(21) [Application Number]

Japan Patent Application Hei 7- 147041

(22) [Application Date]

1995 (1995) June 14\*

(71) [Applicant]

[Identification Number]

000005234

[Name]

FUJI ELECTRIC CO. LTD. (DB 69-053-6743)

[Address]

Kanagawa Prefecture Kawasaki City Kawasaki-ku Tanabe Shinden 1-1

(72) [Inventor]

[Name]

Uchida Masaharu

[Address]

Kanagawa Prefecture Kawasaki City Kawasaki-ku Tanabe Shinden 1-1 Fuji Electric Co. Ltd. (DB 69-053-6743) \*

(72) [Inventor]

[Name]

Fukuzawa Naoto

[Address]

Kanagawa Prefecture Kawasaki City Kawasaki-ku Tanabe Shinden 1-1 Fuji Electric Co. Ltd. (DB 69-053-6743) \*

(74) [Attorney(s) Representing All Applicants]

[Patent Attorney]

JP1996336967A

【氏名又は名称】

山口 巖

Abstract

(57)【要約】

【目的】

寸法、組成、密度が精度よく制御された圧電体層が細い円筒状基盤の任意の面に直接形成された圧電素子とその製造方法を提供する。

【構成】

圧電素子は中空の金属円筒 1 を基盤とし、その内周面、外周面、あるいは内外両面のいずれかに直接形成された圧電体層 2 および 3 を備える。

また、その製造方法は中空の金属円筒 1 の主成分を一つの合成要素として高温高压の水の存在下で行う水熱合成法により、核形成工程および結晶成長工程を経て圧電体層 2 および 3 を金属円筒の表面に直接形成する。

[Name]

Yamaguchi, Isao

(57) [Abstract]

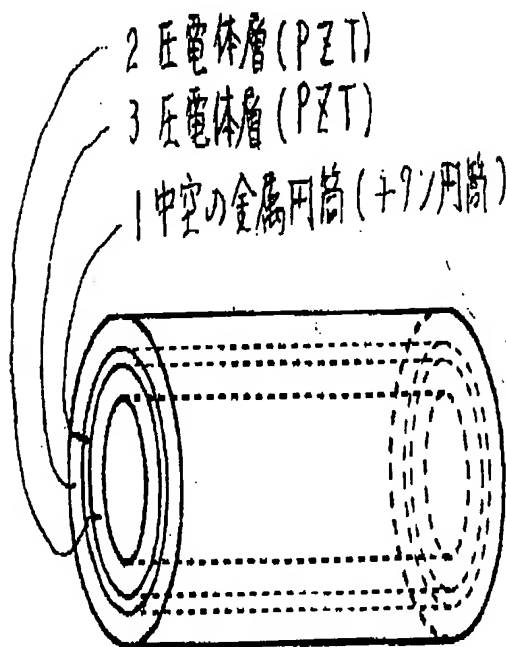
[Objective]

dimension, composition, density offers piezoelectric element and manufacturing method which were directly formed to aspect of option of cylinder base where piezoelectric body layer which the precision well is controlled is thin.

[Constitution]

piezoelectric element designates metal cylindrical pipe 1 of hollow as base, piezoelectric body layer has 2 which was directly formed to inner perimeter surface, outer perimeter surface, or any of the inside and outside both surfaces and 3.

In addition, as for manufacturing method passing by nucleus formation step and crystal growth step, due to hydrothermal synthesis method which is done under existing of water of high temperature and high pressure with main component of metal cylindrical pipe 1 of hollow as synthetic element of the one, piezoelectric body layer 2 and 3 it forms directly in surface of the metal cylindrical pipe.



## Claims

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

中空の金属円筒と、この金属円筒を基盤としてその内周面、外周面、あるいは内外両面のいずれかに直接形成された圧電体層と、この圧電体層の表面に形成された電極とを備えたことを特徴とする圧電素子。

## 【請求項 2】

中空の金属円筒が、圧電体層の形成部分をインク加圧室部とし、その一方端にノズル部を、他方端にインク供給管部を有することを特徴とする請求項 1 記載の圧電素子。

## 【請求項 3】

チタンからなる中空の金属円筒と、この金属円筒を基盤としてその内周面、外周面、あるいは内外両面のいずれかに直接形成されたチタン酸ジルコン酸鉛からなる圧電体層とを備えたことを特徴とする請求項 1 記載の圧電素子。

## 【請求項 4】

中空の金属円筒の主成分を一つの合成要素として高温高压の水の存在下で行う水熱合成法により、核形成工程および結晶成長工程を経て金属円筒の表面に直接圧電体層を形成することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の圧電素子の製造方法。

## 【請求項 5】

水熱合成法が、予め定まる鉛:ジルコニウムのモル比を有する硝酸鉛水溶液とオキシ塩化ジルコニウム水溶液の混合液に水酸化カリウム 8 規定水溶液を加えた混合液を処理液とし、この処理液中にチタンからなる中空の金属円筒を浸し、150° C 前後の密閉雰囲気中で一定時間チタン酸ジルコン酸鉛の核形成を行う核形成工程と、予め定まる鉛:ジルコニウム:チタンのモル比を有する硝酸鉛水溶液とオキシ塩化ジルコニウム水溶液と四塩化チタン水溶液の混合液に水酸化カリウム 4 規定水溶液を加えた混合液を処理液とし、この処理液中に核形成済金属円筒を浸し、120° C 前後の密閉雰囲気中で一定時間

## [Claim(s)]

## [Claim 1]

piezoelectric element . which had electrode which was formed to surface of piezoelectric body layer and this piezoelectric body layer which were directly formed to inner perimeter surface ,outer perimeter surface , or any of inside and outside both surfaces with metal cylindrical pipe and this metal cylindrical pipe of hollow as base and makes feature

## [Claim 2]

piezoelectric element . which is stated in Claim 1 where metal cylindrical pipe of hollow ,designates forming part of piezoelectric body layer as ink pressure chamber section, in one end nozzle , possesses ink supply tube section in other end and makesfeature

## [Claim 3]

piezoelectric element . which is stated in Claim 1 which had piezoelectric body layer which consists of lead titanate zirconate which was directly formed to inner perimeter surface ,outer perimeter surface , or the any of inside and outside both surfaces with metal cylindrical pipe and this metal cylindrical pipe of hollow which consists of titanium as base makes feature

## [Claim 4]

Passing by nucleus formation step and crystal growth step due to hydrothermal synthesis method which is done under existing of water of high temperature and high pressure with main component of metal cylindrical pipe of hollow as synthetic element of one , it forms piezoelectric body layer directly in surface of metal cylindrical pipe manufacturing method . of piezoelectric element which is stated in any of Claim 1 through Claim 3 which is made feature

## [Claim 5]

metal cylindrical pipe of hollow where hydrothermal synthesis method , designates mixed solution which adds potassium hydroxide 8 rule aqueous solution to mixed solution of lead nitrate aqueous solution and zirconium oxychloride aqueous solution which possess mole ratio of lead :zirconium which becomes settled beforehand as treatment solution , consists of titanium in this treatment solution soaking, 150 \* nucleus formation step. which does nucleus formation of constant time lead titanate zirconate in airtightness atmosphere front and back to designate mixed solution which adds potassium hydroxide 4 rule aqueous solution to mixed solution of lead nitrate aqueous solution and zirconium oxychloride aqueous solution and titanium

チタン酸ジルコン酸鉛の結晶成長を行う結晶成長工程とを含むことを特徴とする請求項 4 記載の圧電素子の製造方法。

【請求項 6】

中空の金属円筒の外周面に圧電体層の形成を阻止する薄膜を予め形成し、水熱合成法により前記中空の金属円筒内周面に直接圧電体層を形成することを特徴とする請求項 4 または請求項 5 記載の圧電素子の製造方法。

【請求項 7】

中空の金属円筒の両端部を蜜栓し、この状態で水熱合成法により金属円筒の外周面に直接圧電体層を形成することを特徴とする請求項 4 または請求項 5 記載の圧電素子の製造方法。

【請求項 8】

棒状のプラスチック材の外周面に白金膜およびチタン膜を重ねて形成したものを基盤とし、この基盤のチタン膜表面に水熱合成法によりチタン酸ジルコン酸鉛からなる圧電体層を直接形成し、しかる後全体を鉛蒸気雰囲気中で加熱して前記棒状のプラスチック材を焼成除去することとを特徴とする請求項 4 または請求項 5 記載の圧電素子の製造方法。

Specification

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

この発明は、圧電体層が基盤となる細い管状の金属円筒の表面に直接形成された圧電素子およびその製造方法、ことにインクジェット記録装置などにインク滴の吐出駆動源として用いられる圧電素子およびその製造方法に関する。

【0002】

tetrachloride aqueous solution which possess the mole ratio of lead : zirconium : titanium which becomes settled beforehand as treatment solution, in this treatment solution nucleus formation and metal cylindrical pipe soaking, manufacturing method of piezoelectric element which is stated in Claim 4 which includes crystal growth step which does crystal growth of constant time lead titanate zirconate in the airtight atmosphere front and back and makes feature

[Claim 6]

thin film which obstructs formation of piezoelectric body layer in outer perimeter surface of metal cylindrical pipe of hollow is beforehand formed, piezoelectric body layer is formed directly in metal cylindrical pipe inner perimeter surface of aforementioned hollow with hydrothermal synthesis method the manufacturing method of piezoelectric element which is stated in Claim 4 or Claim 5 which is made feature

[Claim 7]

both ends of metal cylindrical pipe of hollow honey plug is done, with this state piezoelectric body layer is formed directly in outer perimeter surface of metal cylindrical pipe with hydrothermal synthesis method manufacturing method of piezoelectric element which is stated in Claim 4 or Claim 5 which is made feature

[Claim 8]

Repeating platinum membrane and titanium membrane in outer perimeter surface of plastic material of the rod shape, manufacturing method of piezoelectric element which is stated in Claim 4 or Claim 5 where it designates those which it formed as base, it forms piezoelectric body layer which consists of lead titanate zirconate with hydrothermal synthesis method directly in titanium film surface of this base, after that heats entirety in lead vapor atmosphere and baking out does plastic material of aforementioned rod shape and makes feature

[Description of the Invention]

【0001】

[Field of Industrial Application]

It regards piezoelectric element and its manufacturing method which are used for piezoelectric element and ink jet printer etc which were directly formed to surface of thin tubular metal cylindrical pipe where as for this invention, piezoelectric body layer becomes base its manufacturing method, especially as discharge drive source of ink drop.

【0002】

## 【従来の技術】

チタン酸ジルコン酸鉛(以下 PZT と略称する)に代表される圧電性セラミックスからなる圧電体は、その高い圧電効果および逆圧電効果を利用した電氣的エネルギーと機械的エネルギーの相互変換素子として広く利用されている。

また、PZT 圧電体の製造方法は、原料である PbO, ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> 粉末を調合、混合した後、仮焼成工程、粉碎工程を経て PZT 粉末とし、1mm 以上の厚みの圧電体は加圧成形法により成形した後、焼成工程で固相反応させ、その後数 kv/mm 程度の電界を印加して分極処理を行い、その両面に電極を形成して製品とする方法が一般的である。

また、厚み 1mm 以下の薄板または円筒状の圧電体は上述の加圧成形法で得られた圧電体を所望の形状寸法に切削加工する方法で製造される。

さらに、厚み 100 $\mu$ m 以下の PZT シートの成形にはドクターブレードを用いたシート成形法が一般的に用いられるとともに、スパッタ法、CVD 法、ゾルゲル法などの製膜方法も知られている。

さらにまた、高温高圧の水の存在下で核形成工程および結晶成長工程を経てチタン基盤の表面に PZT 薄膜を直接形成する水熱法により厚み 20 $\mu$ m 程度の PZT 薄膜の製造に成功した例が、K.Simamura, T.Tsurumi, Y.ohba, D.Daimon 等によって報告されている (Jpn.J.Appl.Phys.30(1991)2174)。

## 【0003】

一方、近年圧電素子の新たな応用分野としてインクジェット記録装置が注目されている。

インクジェット記録ヘッド機構を用いた印刷装置は構成が簡素であるという利点から、小型軽量性が要求される卓上プリンタやファックスなどの分野に広く用いられている。

インクジェット記録ヘッドの機構には幾つかの方式が提案されているが、インク供給部から分岐して末端にノズル部を有する複数のインク流路の途中の加圧室部に直径 10~200 $\mu$ m 程度の細長い円筒形の圧電素子を設け、この部分を加圧ポンプとして機能させてノズル部からインク滴を吐出させる方式が、ヘッド寿命が半永久的

## [Prior Art]

piezoelectric body which consists of piezoelectricity ceramic which is represented in the lead titanate zirconate (Below PZT it abbreviates. ) is utilized widely as mutual transducer of electrical energy and the mechanical energy which utilize that high piezoelectric effect and opposite piezoelectric effect .

In addition, as for manufacturing method of PZT piezoelectric body , compounding and aftermixing PbO , ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> powder which is a starting material , passing by calcining step ,milling process , after it made PZT powder , piezoelectric body of thickness of 1 mm or greater forming with compression molding method ,solid phase reaction doing with baking step , after that imparting doing electric field of several kV /mm extent , polarization action, Forming electrode in both surfaces , method which it makes product is general.

In addition, thin plate of thickness 1mm or less or piezoelectric body of cylinder in the desired shape dimension is produced piezoelectric body which is acquired with above-mentioned compression molding method with method which cutting is done.

Furthermore, as it can use to formation of PZT sheet of the thickness 100 $\mu$ m or less sheet forming method which uses doctor blade generally, [spatter ] method,also CVD method ,sol-gel method or other film manufacture method is known.

Furthermore and, passing by nucleus formation step and crystal growth step under existing of water of high temperature and high pressure , example which succeeds in production of PZT thin film of thickness 20 $\mu$ m extent with heated water method which forms the PZT thin film directly in surface of titanium base , is reported with K.Simamura, T.Tsurumi, Y.ohba, D.Daimon etc, (Japanese Journal of Applied Physics 30 (1991) 2174).

## [0003]

On one hand, ink jet printer is observed recently as new applied field of piezoelectric element .

printing equipment which uses inkjet printhead mechanism from benefit that, configuration is simple, is widely used for tabletop printer and fax or other field where miniature lightness is required.

Several system are proposed to mechanism of inkjet recording head , but diverging from ink supply part , system which provides piezoelectric element of cylindrical where diameter 10~200 $\mu$ m extent is long and narrow in pressure chamber section in the middle of ink channel of plural which possesses nozzle in the terminal functioning with this portion as compressor , from nozzle the ink drop discharges, head

でランニングコストが低いなどの特長を生かして広く用いられようとしている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上述のように構成されたインクジェット記録ヘッドに適用可能な直径 10~200  $\mu$ m 程度の細長い円筒形の圧電素子は、従来、成形型により固相反応法で成形した細長い円筒形の圧電体の両端に、別体に形成されたノズル部およびマイクロバルブを有するインク供給管部を気密に連結してインク流路を形成する方法で製造されていた。

このため、得られる固相反応法で得られる圧電体の寸法制御、組成制御、密度制御が難しく、十分な圧電特性が得られ難いとともに、必要な寸法精度を得るための仕上げ加工やインク流路の後付け加工に手間がかかり、製作コストの上昇を招くという問題があった。

【0005】

また、CVD 法やゾルゲル法で得られる圧電体はその厚みが数  $\mu$ m 程度と薄く、インクジェット記録ヘッドで必要とする駆動力を得難いという問題があった。

さらに、水熱法によれば、基盤の表面に圧電体層を直接形成でき、かつその組成制御性に優れ、200°C 以下の低温で厚み 20  $\mu$ m 程度の均質な PZT 圧電体層を形成できる利点を有するものの、平板状の基盤に PZT 層を形成した成功例がなく、筒型のインクジェット記録ヘッドへの適用を可能にするためには直径 10~200  $\mu$ m 程度の細長い円筒形の圧電素子の製造技術の確立が求められている。

【0006】

この発明の目的は、寸法、組成、密度が精度よく制御された圧電体層が細い円筒状基盤の任意の面に直接形成された圧電素子とその製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

lifetime being semipermanent, utilizing or other feature where running cost is low, it has been about to be used widely.

【0004】

[Problems to be Solved by the Invention]

Above-mentioned way piezoelectric element of cylindrical where applicable diameter 10~200  $\mu$ m extent is long and narrow in inkjet printhead which configuration is done with solid phase reaction method until recently, with mold were formed to separate body to both ends of piezoelectric body of long and narrow cylindrical where, possesses nozzle and micro valve which connecting ink supply tube section which to airtight was produced with method which forms the ink channel.

Because of this, dimensional control, composition control, density control of piezoelectric body which is acquired with the solid phase reaction method which is acquired sufficient piezoelectric characteristic to obtain, difficult and also necessary dimensional accuracy difficult, be acquired there was a problem that the labor depends on finishing in order and rear attaching processing of ink channel causes rise of manufacturing cost.

【0005】

In addition, driving force where piezoelectric body which is acquired with the CVD method and sol-gel method thickness several  $\mu$ m extent is thin, needs with inkjet recording head there was a problem that is rare.

Furthermore, according to heated water method, be able to form piezoelectric body layer directly in surface of base, at same time it is superior in composition control characteristic, although it possesses benefit which can form uniform PZT piezoelectric body layer of thickness 20  $\mu$ m extent with low temperature of 200°C or less, without only example of success which formed PZT layer in base of flat plate, In order to make application to inkjet recording head of cylindrical possible, establishment of production technology of piezoelectric element of cylindrical where the diameter 10~200  $\mu$ m extent is long and narrow is sought.

【0006】

As for objective of this invention, dimension, composition, density is to offer piezoelectric element and manufacturing method which were directly formed to aspect of option of cylinder base where piezoelectric body layer which precision well is controlled is thin.

【0007】

[Means to Solve the Problems]

前述の目的を達成するために、請求項 1 に記載の発明は、中空の金属円筒と、この金属円筒を基盤としてその内周面、外周面、あるいは内外両面のいずれかに直接形成された圧電体層と、この圧電体層の表面に形成された電極とを備える。

ここで、請求項 2 に記載の発明は、中空の金属円筒が、圧電体層の形成部分をインク加圧室部とし、その一方端にノズル部を、他方端にインク供給管部を備えるようにすると良い。

[0008]

また、請求項 3 に記載の発明は、チタンからなる中空の金属円筒と、この金属円筒を基盤としてその内周面、外周面、あるいは内外両面のいずれかに直接形成されたチタン酸ジルコン酸鉛からなる圧電体層を備えるようにすると良い。

一方、請求項 4 に記載の発明は、中空の金属円筒の主成分を一つの合成要素として高温高圧の水の存在下で行う水熱合成法により、核形成工程および結晶成長工程を経て圧電体層を金属円筒の表面に直接形成すると良い。

[0009]

ここで、請求項 5 に記載の発明は、水熱合成法が、予め定まる鉛:ジルコニウムのモル比を有する硝酸鉛水溶液とオキシ塩化ジルコニウム水溶液の混合液に水酸化カリウム 8 規定水溶液を加えた混合液を処理液とし、この処理液中にチタンからなる中空の金属円筒を浸し、150° C 前後の密閉雰囲気中で一定時間チタン酸ジルコン酸鉛の核形成を行う核形成工程と、予め定まる鉛:ジルコニウム:チタンのモル比を有する硝酸鉛水溶液とオキシ塩化ジルコニウム水溶液と四塩化チタン水溶液の混合液に水酸化カリウム 4 規定水溶液を加えた混合液を処理液とし、この処理液中に核形成済金属円筒を浸し、120° C 前後の密閉雰囲気中で一定時間チタン酸ジルコン酸鉛の結晶成長を行う結晶成長工程とを含むようにすると良い。

In order to achieve aforementioned objective, invention which is stated in Claim 1 has electrode which was formed to surface of piezoelectric body layer and this piezoelectric body layer which were directly formed to the inner perimeter surface, outer perimeter surface, or any of inside and outside both surfaces with metal cylindrical pipe and this metal cylindrical pipe of the hollow as base.

Here, as for invention which is stated in Claim 2, metal cylindrical pipe of hollow, designates forming part of piezoelectric body layer as ink pressure chamber section, when it tries nozzle, to provide ink supply tube section for other end in one end, is good.

[0008]

In addition, invention which is stated in Claim 3 when it tries to have piezoelectric body layer which consists of lead titanate zirconate which was directly formed to inner perimeter surface, outer perimeter surface, or any of inside and outside both surfaces with metal cylindrical pipe and this metal cylindrical pipe of hollow which consists of titanium as base is good.

Invention which on one hand, is stated in Claim 4 passing by the nucleus formation step and crystal growth step due to hydrothermal synthesis method which is done under existing of water of high temperature and high pressure with main component of metal cylindrical pipe of hollow as the synthetic element of one, when it forms piezoelectric body layer directly in surface of metal cylindrical pipe, is good.

[0009]

metal cylindrical pipe of hollow where here, as for invention which is stated in Claim 5, hydrothermal synthesis method, designates mixed solution which adds the potassium hydroxide 8 rule aqueous solution to mixed solution of lead nitrate aqueous solution and zirconium oxychloride aqueous solution which possess mole ratio of lead : zirconium which becomes settled beforehand as treatment solution, consists of titanium in this treatment solution soaking, 150 \* nucleus formation step. which does nucleus formation of constant time lead titanate zirconate in airtightness atmosphere front and back to designate mixed solution which adds potassium hydroxide 4 rule aqueous solution to mixed solution of lead nitrate aqueous solution and zirconium oxychloride aqueous solution and titanium tetrachloride aqueous solution which possess the mole ratio of Lead : zirconium : titanium which becomes settled beforehand as treatment solution, in this treatment solution nucleus formation end metal cylindrical pipe soaking, When 120 \* it tries to include crystal growth step which does crystal growth of the constant time lead titanate zirconate in airtightness atmosphere front and back, it is good.



## 【0010】

また、請求項 6 に記載の発明は、中空の金属円筒の外周面に圧電体層の形成を阻止する薄膜を予め形成し、水熱合成法により前記中空の金属円筒の内周面に直接圧電体層を形成するようになると良い。

さらに、請求項 7 に記載の発明は、中空の金属円筒の両端部を蜜栓し、この状態で水熱合成法により金属円筒の外周面に直接圧電体層を形成すると良い。

## 【0011】

さらにまた、請求項 8 に記載の発明は、棒状のプラスチック材の外周面に白金膜およびチタン膜を重ねて形成したものを基盤とし、この基盤のチタン膜表面に水熱合成法によりチタン酸ジルコン酸鉛からなる圧電体層を直接形成し、しかる後全体を鉛蒸気雰囲気中で加熱して前記棒状のプラスチック材を焼成除去するようになると好便である。

## 【0012】

## 【作用】

請求項 1 に記載の発明では、中空の金属円筒からなる基盤の内周面、外周面、あるいは内外両面のいずれかに直接圧電体層が形成されることにより、圧電体層の伸縮が金属円筒に緊縛力として直接作用し、金属円筒内容積の変化としてのポンプ作用を効率よく発生させることができる。

## 【0013】

ここで、請求項 1 に記載の発明のように、中空の金属円筒が、圧電体層の形成部分をインク加圧室部としてその一方端にノズル部を、他方端にインク供給管部を備えれば、中空の金属円筒そのものがインク流路として機能し、圧電体層によるインク加圧室部のポンプ作用を駆動源としてノズル部からインク滴を効率よく吐出させることができる。

## 【0014】

また、請求項 3 に記載の発明のように、中空の金属円筒にチタンを用い、その内周面、外周面、あるいは内外両面のいずれかに直接形成されたチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)からなる圧電体

## 【0010】

In addition, when invention which is stated in Claim 6 forms the thin film which obstructs formation of piezoelectric body layer in outer perimeter surface of the metal cylindrical pipe of hollow beforehand, directly tries to form piezoelectric body layer in inner perimeter surface of metal cylindrical pipe of aforementioned hollow with hydrothermal synthesis method it is good.

Furthermore, when both ends of metal cylindrical pipe of hollow honey plug it does invention which is stated in Claim 7, with this state it forms piezoelectric body layer directly in outer perimeter surface of metal cylindrical pipe with hydrothermal synthesis method it is good.

## 【0011】

Furthermore and, invention which is stated in Claim 8 designates those which repeated platinum membrane and titanium membrane in outer perimeter surface of plastic material of rod shape and formed as base, forms piezoelectric body layer which consists of lead titanate zirconate with hydrothermal synthesis method directly in titanium film surface of this base, After that heating entirety in lead vapor atmosphere, when baking out it tries to do plastic material of aforementioned rod shape, friendship flight is.

## 【0012】

## 【Working Principle】

extension and retraction of piezoelectric body layer can operate metal cylindrical pipe, directly as tight binding power with invention which is stated in Claim 1, due to fact that piezoelectric body layer is formed to inner perimeter surface, outer perimeter surface, of base which consists of metal cylindrical pipe of hollow or any of inside and outside both surfaces directly, can generate pump action as change of metal cylindrical pipe internal volume efficiently.

## 【0013】

Here, like invention which is stated in Claim 1, if metal cylindrical pipe of hollow, ink drop it can discharge efficiently from nozzle the nozzle, provides ink supply tube section for other end in one end with the forming part of piezoelectric body layer as ink pressure chamber section, metal cylindrical pipe itself of the hollow it can function as ink channel, at piezoelectric body layer with pump action of ink pressure chamber section as drive source.

## 【0014】

In addition, like invention which is stated in Claim 3, utilizing piezoelectric characteristic where PZT is superior by providing piezoelectric body layer which consists of lead titanate zirconate (PZT) which was directly formed to the

層を設けることにより、PZT の優れた圧電特性を生かして強力なポンプ作用を有する圧電素子が得られる。

一方、請求項 4 に記載の発明では、中空の金属円筒の主成分を一つの合成要素として高温高圧の水の存在下で行う水熱合成法により、核形成工程および結晶成長工程を経て金属円筒の表面に圧電体層を直接形成するようにしたので、中空の金属円筒の露出面を圧電体層の形成領域として請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の圧電素子を、寸法精度を確保するための後加工などを必要とせずに製作することが可能になる。

[0015]

ここで、請求項 5 に記載の発明のように、PZT 層の水熱合成法が、核形成工程および結晶成長工程を液状の処理液を用いて行う方法であるため、その溶液調整により得られる PZT 層の組成を精度良く制御でき、また高温高圧雰囲気の影響により得られる PZT 層の寸法、密度を精度よく制御でき、かつ、水熱合成反応が液中で行われるために金属円筒の寸法に左右されることがなく、金属円筒の露出面を指定領域として寸法精度が良く、比誘電率、圧電定数、およびヤング率の高い PZT 層を備えた圧電素子が得られる。

[0016]

また、請求項 6 に記載の発明のように、中空の金属円筒の外周面に圧電体層の形成を阻止する薄膜を予め形成しておけば、露出した金属円筒の内周面を指定領域として中空の金属円筒の内側に圧電体層を備えた圧電素子を、水熱合成法により容易に得ることができる。

さらに、請求項 7 に記載の発明のように、中空の金属円筒の両端部を蜜栓し、この状態で金属円筒の外周面に水熱合成法により直接圧電体層を形成すれば、露出した金属円筒の外周面を指定領域として中空の金属円筒の外側に圧電体層を備えた圧電素子を水熱合成法により容易に得ることができる。

inner perimeter surface, outer perimeter surface, or any of inside and outside both surfaces making use of titanium, to metal cylindrical pipe of hollow, piezoelectric element which possesses strong pump action is acquired.

On one hand, because with invention which is stated in Claim 4, passing by nucleus formation step and crystal growth step due to hydrothermal synthesis method which is done under existing of water of high temperature and high pressure with main component of metal cylindrical pipe of hollow as synthetic element of one, it tried to form piezoelectric body layer directly in surface of metal cylindrical pipe, piezoelectric element which is stated in any of Claim 1 through Claim 3 with exposed surface of metal cylindrical pipe of hollow as forming region of piezoelectric body layer, necessarily do, it produces, postprocessing etc in order to guarantee dimensional accuracy it becomes possible.

[0015]

Here, like invention which is stated in Claim 5, because the hydrothermal synthesis method of PZT layer, it is a method which does nucleus formation step and crystal growth step making use of treatment solution of liquid state, composition of PZT layer which is acquired by solution preparation precision be able to control well, In addition precision be able to control dimension, density of PZT layer which is acquired by management of high temperature and high pressure atmosphere well, at sametime, because hydrothermal synthesis reaction is done in liquid it is influenced in the dimension of metal cylindrical pipe not to be, dimensional accuracy is good with exposed surface of metal cylindrical pipe as designated region, piezoelectric element which has PZT layer where dielectric constant, piezoelectric constant, and Young's modulus are high is acquired.

[0016]

In addition, like invention which is stated in Claim 6, if the thin film which obstructs formation of piezoelectric body layer in outer perimeter surface of the metal cylindrical pipe of hollow is formed beforehand, it can acquire piezoelectric element which provides piezoelectric body layer for inside of metal cylindrical pipe of hollow with inner perimeter surface of metal cylindrical pipe which is exposed as designated region, easily with hydrothermal synthesis method.

Furthermore, like invention which is stated in Claim 7, if the both ends of metal cylindrical pipe of hollow honey plug is done and with this state piezoelectric body layer is formed directly in outer perimeter surface of metal cylindrical pipe with hydrothermal synthesis method, piezoelectric element which provides piezoelectric body layer for outside of the metal cylindrical pipe of hollow with outer perimeter surface of metal cylindrical pipe which is exposed as the designated region can be acquired easily with hydrothermal synthesis

[0017]

さらにまた、請求項 8 に記載の発明では、棒状のプラスチック材の外周面に白金膜およびチタン膜を重ねて形成したものを基盤とし、この基盤のチタン膜表面に水熱合成法によりチタン酸ジルコニウム酸鉛からなる圧電体層を直接形成し、しかる後全体を鉛蒸気雰囲気中で加熱して棒状のプラスチック材を焼成除去したことにより、内周面に白金電極を有する筒状の PZT 圧電素子が得られる。

[0018]

【実施例】

以下この発明を実施例に基づいて説明する。

図 1 はこの発明の一実施例を示す圧電素子の斜視図である。

図において、圧電素子は内径約 1.2mm のチタンからなる中空の金属円筒 1 の内外両面に直接厚み約 10  $\mu$ m の PZT 層からなる圧電体層 2 および 3 が形成されており、圧電体層 2 および 3 の表面に図示しない金属電極が例えば蒸着法、スパッタ法、塗膜焼き付け法、など従来と同様な方法によって形成される。

[0019]

次に、図 1 に示す圧電素子の水熱合成法による製造方法について説明する。

核形成工程は、鉛:ジルコニウム:チタンのモル比が 1.25:0.52 になるよう硝酸鉛水溶液とオキシ塩化ジルコニウム水溶液とを混合し、この混合液に水酸化カリウム 8 規定水溶液を加えた混合液を処理液とし、この処理液中にチタンからなる中空の金属円筒 1 を浸し、オートクレーブ中で 150° C の密閉雰囲気中で 48 時間加熱してチタン円筒の内外周面にそれぞれチタン酸ジルコニウム酸鉛の核形成を行った。

[0020]

結晶成長工程は、鉛:ジルコニウム:チタンのモル比が 1.25:0.52:0.48 になるよう硝酸鉛水溶液、オキシ塩化ジルコニウム水溶液、四塩化チタン水溶液を混合し、この混合液に水酸化カリウム

method .

[0017]

In furthermore and, with invention which is stated in Claim 8, repeating platinum membrane and titanium membrane in outer perimeter surface of plastic material of the rod shape, designating those which it formed as base, forming the piezoelectric body layer which consists of lead titanate zirconate with hydrothermal synthesis method directly in the titanium film surface of this base, after that heating entirety in lead vapor atmosphere and the baking out doing plastic material of rod shape depending, PZT piezoelectric element of pipe which possesses platinum electrode in inner perimeter surface is acquired.

[0018]

[Working Example(s)]

This invention below is explained on basis of Working Example .

Figure 1 is oblique view of piezoelectric element which shows one Working Example of this invention.

In figure, as for piezoelectric element piezoelectric body layer 2 which directly consists of PZT layer of thickness approximately 10  $\mu$ m in inside and outside both surfaces of metal cylindrical pipe 1 of hollow which consists of titanium of the internal diameter approximately 1.2 mm and 3 is formed, piezoelectric body layer in the surface of 2 and 3 unshown metallic electrode for example vapor deposition method, sputtering method, coating baking method, etc is formed until recently with same method .

[0019]

Next, you explain with hydrothermal synthesis method of piezoelectric element which is shown in the Figure 1 concerning manufacturing method .

As for nucleus formation step, mole ratio of lead :zirconium 1.25: 0.52 In order to become, it mixed lead nitrate aqueous solution and zirconium oxychloride aqueous solution, it designated mixed solution which adds potassium hydroxide 8 rule aqueous solution to this mixed solution as treatment solution, it soaked metal cylindrical pipe 1 of hollow which consists of titanium in this treatment solution, in autoclave 150 \* 48 -hour heated in airtightness atmosphere and did nucleus formation of respective lead titanate zirconate in inner and outer surrounding surface of titanium cylindrical pipe .

[0020]

crystal growth step, in order mole ratio of lead :zirconium :titanium 1.25: 0.52: to become 0.48, mixed lead nitrate aqueous solution, zirconium oxychloride aqueous solution, titanium tetrachloride aqueous solution, designated

4 規定水溶液を加えた混合液を処理液とし、この処理液中に核形成済みの金属円筒1を浸し、120° Cの密閉雰囲気中で48時間チタン酸ジルコン酸鉛の結晶成長を行った。

## [0021]

上記2段階からなる水熱合成を終了し、水洗、乾燥処理した圧電素子は、チタン円筒の内周面、外周面に直接PZT圧電体層2および3が形成されており、その厚みはそれぞれ約10μmであった。

また、PZT圧電体層2および3の表面に金電極を形成してその物性を測定した結果、比誘電率が1800、圧電定数 $d_{33}$ が $4.2 \times 10^{-10}$  m/v、ヤング率が $5.6 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>を示し、良好な圧電特性を有することが実証された。

## [0022]

図2はこの発明の異なる実施例を示す圧電素子の斜視図である。

図に示す実施例が図1に示す実施例と異なるところは、外周面に白金電極を形成したチタン円筒10を用いて図1に示す実施例と同じ条件の水熱合成法によってPZT圧電体層を形成した点にある。

この場合、核形成工程において白金電極4により処理液とチタン円筒との接触が遮断されるため、チタン円筒の外周面でのチタン酸ジルコン酸鉛の核形成反応が阻止され、チタン円筒10の内周面にのみPZT圧電体層2を備えた圧電素子が得られる。

得られたPZT圧電体層2の厚みは約10μmであった。

また、PZT圧電体層2の表面に金電極を形成してその物性を測定した結果、比誘電率が1650、圧電定数 $d_{33}$ が $4 \times 10^{-10}$  m/v、ヤング率が $5.5 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>を示し、図1に示す実施例と同様に良好な圧電特性を有することが実証された。

mixed solution which adds potassium hydroxide 4rule aqueous solution to this mixed solution as treatment solution, soaked metal cylindrical pipe 1 of nucleus formation being completed in this treatment solution, 120 \* 48 -hour lead titanate zirconate did crystal growth in airtightness atmosphere.

## [0021]

Consists of description above 2 -stage it ended hydrotreating which, as for piezoelectric element which water wash, drying is done, directly PZT piezoelectric body layer 2 and 3 was formed in inner perimeter surface, outer perimeter surface of titanium cylindrical pipe, thickness was respectively approximately 10;mu m.

In addition, PZT piezoelectric body layer forming gold electrode in surface of 2 and 3, as for result of measuring property, dielectric constant 1800, piezoelectric constant  $d_{33}$   $4.2 \times 10^{-10}$  m/v, Young's modulus it shows  $5.6 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>, possesses satisfactory piezoelectric characteristic it was proven.

## [0022]

Figure 2 is oblique view of piezoelectric element which shows Working Example where this invention differs.

As for place where it differs from Working Example which Working Example showing in figure shows in Figure 1, as Working Example which is shown in Figure 1 making use of titanium cylindrical pipe 10 which formed platinum electrode in the outer perimeter surface there is a point which formed PZT piezoelectric body layer with hydrothermal synthesis method of the same condition.

In this case, in nucleus formation step because contact with treatment solution and the titanium cylindrical pipe shielding it is done with platinum electrode 4, nucleus formation reaction of lead titanate zirconate with outer perimeter surface of titanium cylindrical pipe is obstructed, piezoelectric element which has PZT piezoelectric body layer 2 is acquired in only inner perimeter surface of titanium cylindrical pipe 10.

thickness of PZT piezoelectric body layer 2 which it acquires was approximately 10;mu m.

In addition, forming gold electrode in surface of PZT piezoelectric body layer, 2 as for result of measuring property, dielectric constant 1650, piezoelectric constant  $d_{33}$   $4 \times 10^{-10}$  m/v, Young's modulus it shows  $5.5 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>, it possesses satisfactory piezoelectric characteristic in same way as Working Example which is shown in Figure 1, it was proven.

## 【0023】

図 3 はこの発明のさらに異なる実施例を示す圧電素子の斜視図である。

図に示す実施例が図 1 に示す実施例と異なるところは、チタン円筒 1 の両端部をプラスチック材 5 によって密封し、この状態で図 1 に示す実施例と同じ条件の水熱合成法によって PZT 圧電体層を形成した点にある。

この場合、チタン円筒 1 の中空部内では水熱合成反応が起こらないので、チタン円筒 1 の外周面側のみ PZT 圧電体層 3 を備えた圧電素子が得られる。

得られた PZT 圧電体層 2 の厚みは約  $10\mu\text{m}$  であった。

また、PZT 圧電体層 3 の表面に金電極を形成してその物性を測定した結果、比誘電率が 1700、圧電定数  $d_{33}$  が  $4 \times 10^{-10} \text{ m/v}$ 、ヤング率が  $5.5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$  を示し、図 1 に示す実施例と同様に良好な圧電特性を有することが実証された。

## 【0024】

図 4 はこの発明の他の実施例を示す圧電素子の斜視図である。

図に示す実施例が図 1 に示す実施例と異なるところは、チタン円筒 1 の代わりに図示しないプラスチック丸棒 6 の外周面に白金薄膜+チタン薄膜の二重層 11 を形成したものをを用い、図 1 に示す実施例と同じ条件の水熱合成法によって PZT 圧電体層を形成した点にある。

この場合、二重層 11 のチタン薄膜を合成成分の一つとする核形成過程を経て PZT 圧電体層 3 が形成される。

そこで、全体を  $1000^\circ\text{C}$  の鉛蒸気雰囲気中で 1 時間加熱してプラスチック丸棒 6 を焼却除去すると、PZT 層 3 の内周面に白金薄膜+チタン薄膜の二重層 11 を備えた圧電素子が得られる。

このようにして得られた PZT 圧電体層 2 の厚みは約  $10\mu\text{m}$  であった。

## 【0023】

Figure 3 this invention furthermore is oblique view of piezoelectric element which shows Working Example which differs.

As Working Example where place where it differs from Working Example which the Working Example which is shown in figure shows in Figure 1 seals up the both ends of titanium cylindrical pipe 1 with plastic sealing material 5, with this state shows in Figure 1 there is a point which formed PZT piezoelectric body layer with hydrothermal synthesis method of same condition.

In this case, because inside hollow part of titanium cylindrical pipe 1 hydrothermal synthesis reaction does not happen, piezoelectric element which has PZT piezoelectric body layer 3 is acquired on only outer perimeter surface side of titanium cylindrical pipe 1.

thickness of PZT piezoelectric body layer 2 which it acquires was approximately  $10\mu\text{m}$ .

In addition, forming gold electrode in surface of PZT piezoelectric body layer, 3 as for result of measuring property, dielectric constant 1700, piezoelectric constant  $d_{33}$   $4 \times 10^{-10} \text{ m/v}$ , Young's modulus it shows  $5.5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ , it possesses satisfactory piezoelectric characteristic in sameway as Working Example which is shown in Figure 1, it was proven.

## 【0024】

Figure 4 is oblique view of piezoelectric element which shows other Working Example of this invention.

As for place where it differs from Working Example which Working Example showing in figure shows in Figure 1, as Working Example which is shown in Figure 1 making use of those which in place of titanium cylindrical pipe 1 formed double layer 11 of platinum thin film + titanium thin film in outer perimeter surface of unshown plastic rod 6, there is a point which formed PZT piezoelectric body layer with hydrothermal synthesis method of same condition.

In this case, titanium thin film of double layer 11 passing by nucleus formation process which is made one of synthetic component, PZT piezoelectric body layer 3 is formed.

Then,  $1000^\circ\text{C}$  1 hour heating entirety in lead vapor atmosphere, when incineration it does plastic rod 6, piezoelectric element which provides double layer 11 of platinum thin film + titanium thin film for inner perimeter surface of PZT layer 3 is acquired.

thickness of PZT piezoelectric body layer 2 which it acquires in this way was approximately  $10\mu\text{m}$ .

また、PZT 圧電体層 3 の表面に金電極を形成してその物性を測定した結果、比誘電率が 1600、圧電定数  $d_{33}$  が  $3.9 \times 10^{-10}$  m/v、ヤング率が  $5.3 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup> を示し、図 1 に示す実施例と同様に良好な圧電特性を有することが実証された。

【0025】

図 5 はこの発明の異なる他の実施例を示す圧電素子の斜視図である。

図に示す実施例が図 3 に示す実施例と異なるところは、内径 100  $\mu$ m のチタン製の中空の金属円筒 21 が、内径 100  $\mu$ m の円筒部分をインク加圧室部 22 とし、その一端にノズル部 23 を、他方端にインク供給管部 24 を有するインク流路 21 を形成したところにあり、図 3 に示す実施例と同様に、ノズル部 23 およびインク供給管部 24 の中空部をプラスチックシール材 6 によってシールし、かつその外周面には圧電体層の形成を阻止する塗料を塗布した状態で、図 1 に示す実施例と同じ条件の水熱合成法によりインク加圧室部 22 の外周部分に PZT 圧電体層 3 を形成した。

【0026】

このようにして得られた PZT 層 2 の厚みは約 10  $\mu$ m であった。

また、PZT 圧電体層 3 の表面に金電極を形成してその物性を測定した結果、比誘電率が 1700、圧電定数  $d_{33}$  が  $4 \times 10^{-10}$  m/v、ヤング率が  $5.5 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup> を示し、図 3 に示す実施例と同様に良好な圧電特性を有することが実証された。

また、得られた圧電素子のインク供給管部 24 を図示しないマイクロバルブを介してインク供給装置に組み込み、インク吐出特性を測定した。

その結果、PZT 圧電体層 3 に印加する電圧のオンオフに対応した数のインク滴を噴射でき、インクジェット記録ヘッドとして良好なインク吐出特性が得られることが実証された。

In addition, forming gold electrode in surface of PZT piezoelectric body layer, 3 as for result of measuring property, dielectric constant 1600, piezoelectric constant  $d_{33}$   $3.9 \times 10^{-10}$  m/v, Young's modulus it shows  $5.3 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>, it possesses satisfactory piezoelectric characteristic in same way as Working Example which is shown in Figure 1, it was proven.

【0025】

Figure 5 is oblique view of piezoelectric element which shows other Working Example where this invention differs.

In same way as Working Example where as for place where it differs from Working Example which Working Example showing in figure shows in the Figure 3, metal cylindrical pipe 21 of hollow of titanium of internal diameter 100  $\mu$ m, designates cylindrical section of internal diameter 100  $\mu$ m as ink pressure chamber section 22, in the one end nozzle 23, is place where ink channel 21 which possesses ink supply tube section 24 in other end was formed, shows in Figure 3, hollow part of nozzle 23 and ink supply tube section 24 seal was done with plastic sealing material 6, at same time in outer perimeter surface with state which the paint which obstructs formation of piezoelectric body layer application is done, PZT piezoelectric body layer 3 was formed in perimeter portion of ink pressure chamber section 22 with the hydrothermal synthesis method of same condition as Working Example which is shown in Figure 1.

【0026】

thickness of PZT layer 2 which it acquires in this way was approximately 10  $\mu$ m.

In addition, forming gold electrode in surface of PZT piezoelectric body layer, 3 as for result of measuring property, dielectric constant 1700, piezoelectric constant  $d_{33}$   $4 \times 10^{-10}$  m/v, Young's modulus it shows  $5.5 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>, it possesses satisfactory piezoelectric characteristic in same way as Working Example which is shown in Figure 3, it was proven.

In addition, ink supply tube section 24 of piezoelectric element which is acquired through unshown micro valve, was installed in ink supply apparatus, ink discharge characteristic was measured.

As a result, in PZT piezoelectric body layer 3 ink drop of a quantity which corresponds to on-off of voltage which imparting is done spray it was possible, satisfactory ink discharge characteristic is acquired was proven as the inkjet recording head.

なお、PZT 圧電体層は加圧室部 22 の内周側に形成してもよく、PZT 圧電体層の伸縮を直接インクに伝達してより良好なインク吐出特性が得られる。

また、この発明の圧電素子の製造方法は PZT 系圧電素子に限定されるものではなく、円筒型の圧電性セラミックスの製造技術として広く応用が可能である。

【0027】

【発明の効果】

この発明の圧電素子およびその製造方法は前述のように、水熱合成法の導入により、溶液調整および温度管理により組成、寸法、および密度を良く制御した圧電体層を金属円筒の表面に直接形成することが可能になり、従来の製造方法では困難であった比誘電率、圧電定数、およびヤング率の高い良好な圧電特性を有する筒状の圧電素子を経済的にも有利に提供することができる。

【0028】

また、マスキング技術の確立により基盤となる金属円筒の内周、外周、あるいは内外周の任意の指定領域に直接圧電体層を形成することが可能であり、かつ、基盤となる金属円筒を予めインク流路に適した構造に前加工しておくことにより、従来固相反応法で製作した筒状の圧電素子にノズル部やインク供給管路などを連結するなどの後付け加工が排除されて製作コストが低く、かつ圧電素子の振動を直接インク吐出力に変換できる圧電素子を駆動ポンプとして備えたインクジェット記録ヘッドを経済的にも有利に提供できる。

【0029】

さらに、金属円筒の内径が 100  $\mu$ m 以下の細長い圧電素子も製造できるので、マルチノズル型のインクジェット記録ヘッドをコンパクトに形成することが容易であり、例えば印字ドット数の多いインクジェットプリンターや、カラープリンター、さらには階調表示が可能なインクジェットプリンターなどの機能向上に貢献できると期待される。

【0030】

Furthermore, it is possible to inner perimeter side of pressure chamber section 22 to form PZT piezoelectric body layer, transmitting extension and retraction of PZT piezoelectric body layer directly in the ink, satisfactory ink discharge characteristic is acquired.

In addition, manufacturing method of piezoelectric element of this invention is not something which is limited in PZT-based piezoelectric element, to be wide application is possible as production technology of cylindrical piezoelectricity ceramic.

【0027】

【Effects of the Invention】

As for piezoelectric element and its manufacturing method of this invention aforementioned way, forms piezoelectric body layer which controls composition, dimension, and density well with introduction of hydrothermal synthesis method, with solution preparation and temperature control directly in surface of metal cylindrical pipe to become possible. With conventional manufacturing method piezoelectric element of pipe which possesses satisfactory piezoelectric characteristic where dielectric constant, piezoelectric constant, and Young's modulus which are difficult are high can be offered to also economical profitably.

【0028】

In addition, forms piezoelectric body layer directly in inner perimeter, outer perimeter, of metal cylindrical pipe which becomes base depending upon establishment of masking technology or designated region of option of inner and outer perimeters being possible, at same time, metal cylindrical pipe which becomes base in the structure which beforehand is suited for ink channel before in processing depending, Until recently, attaching processing after or other which connects nozzle and ink supply tube road etc to piezoelectric element of pipe which is produced with solid phase reaction method being removed, inkjet recording head which has piezoelectric element where manufacturing cost is low, at same time directly can convert the vibration of piezoelectric element to ink discharge power as drive pump can be offered to also economical profitably.

【0029】

Furthermore, because it can produce also piezoelectric element where internal diameter of metal cylindrical pipe 100  $\mu$ m or less is long and narrow, forms inkjet recording head of multi nozzle type in compact being easy, ink jet printer and color printer, where quantity of for example printed dot is many furthermore it is expected that it can contribute to ink jet printer or other function improvement where gradated display is possible.

【0030】

さらにまた、金属薄膜処理されたプラスチック丸棒を用いることにより、金属円筒を電極としての金属薄膜に置き換えた筒状の圧電素子も容易に得られるので、金属円筒を必要としない筒状の圧電素子として広い用途が期待される。

【図面の簡単な説明】

【図1】

この発明の一実施例を示す圧電素子の斜視図

【図2】

この発明の異なる実施例を示す圧電素子の斜視図

【図3】

この発明のさらに異なる実施例を示す圧電素子の斜視図

【図4】

この発明の他の実施例を示す圧電素子の斜視図

【図5】

この発明の異なる他の実施例を示す圧電素子の斜視図

【符号の説明】

1

中空の金属円筒(チタン円筒)

10

白金電極付チタン円筒

11

白金膜とチタン膜の二重層

2

圧電体層(PZT,内周側)

21

中空の金属円筒(チタン製,インク流路)

22

加圧室部

23

ノズル部

24

Furthermore and, metal thin film by using plastic rod which was treated, with metal cylindrical pipe as electrode because also piezoelectric element of pipe which is replaced to metal thin film is acquired easily, wide application is expected as piezoelectric element of pipe which does not need metal cylindrical pipe.

[Brief Explanation of the Drawing(s)]

[Figure 1]

oblique view of piezoelectric element which shows one Working Example of this invention

[Figure 2]

oblique view of piezoelectric element which shows Working Example where this invention differs

[Figure 3]

This invention furthermore oblique view of piezoelectric element which shows the Working Example which differs

[Figure 4]

oblique view of piezoelectric element which shows other Working Example of this invention

[Figure 5]

oblique view of piezoelectric element which shows other Working Example where this invention differs

[Explanation of Symbols in Drawings]

1

metal cylindrical pipe of hollow (titanium cylindrical pipe)

10

platinum electrode attaching titanium cylindrical pipe

11

double layer of platinum membrane and titanium membrane

2

piezoelectric body layer (PZT, inner perimeter side)

21

metal cylindrical pipe of hollow (titanium, ink channel)

22

pressure chamber section

23

nozzle

24



インク供給管部

3

圧電体層(PZT,外周側)

4

白金電極

5

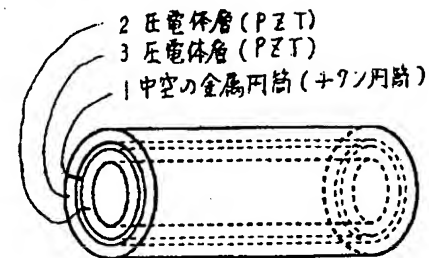
プラスチックシール材

6

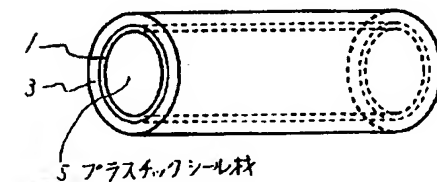
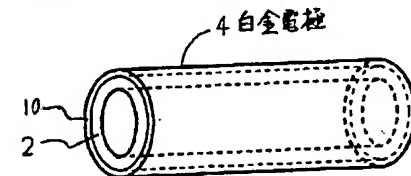
プラスチック丸棒

Drawings

【図1】



【図2】



【図3】

【図4】

ink supply tube section

3

piezoelectric body layer (PZT, outer perimeter side)

4

platinum electrode

5

plastic sealing material

6

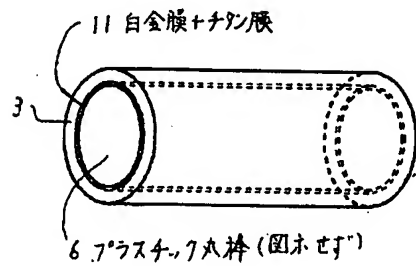
plastic rod

[Figure 1]

[Figure 2]

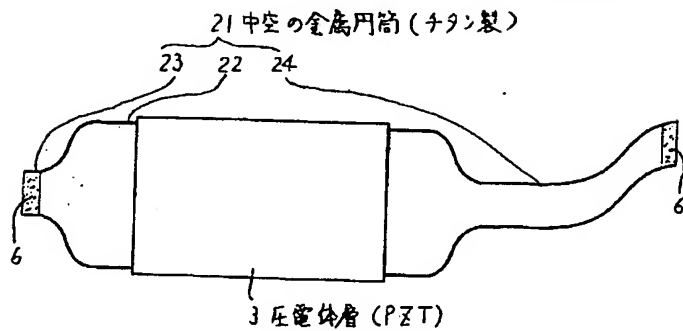
[Figure 3]

[Figure 4]



【図5】

[Figure 5]



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**